ALESSANDRO GATTI

SULLA SENSIBILITÀ DI DIFFERENZA

nell' eccitamento successivo di singoli organi tattili

(Legge di Weber)

Estratto dall' Archivio Italiano di Psicologia
Vol. II, Fasc. 1, 1922.

SALUZZO
Stabilimento Tipografico Fratelli Lobetti-Bodoni
— 1922 —

Istituto di Psicologia Sperimentale della R. Università di Torino
Fondazione E. E. PELLEGRINI, *diretto dal Prof.* F. KIESOW.

ALESSANDRO GATTI

Sulla sensibilità di differenza
nell' eccitamento successivo di singoli organi tattili
(Legge di Weber)

(con 2 figure)

Dopo le varie ricerche eseguite per stabilire la sensibilità tattile di differenza su superficie cutanee nelle quali la densità dei rispettivi organi è piuttosto grande, s' impose la necessità di determinare questa sensibilità per il singolo organo tattile. Ho intrapreso una tale ricerca, per consiglio del prof. Kiesow, sin dal mese di marzo del 1920 e l' ho continuata, tranne durante le varie vacanze, sino al luglio 1921. Essa mi ha condotto ai risultati che vengono esposti in seguito.

La superficie cutanea da me scelta è quella del lato volare del polso dell'avambraccio sinistro, superficie in parte priva di peli. Sperimentavo esclusivamente in questa parte, ove gli organi tattili sono rappresentati dai corpuscoli di Meissner. Questa regione è stata esaminata insieme ad altre, dal prof. Kiesow, che trovò qui, constatando nel medesimo tempo differenze individuali, rispetto all'estensione di essa, una distribuzione dei cosidetti punti tattili che varia da 12 a 44 per centimetro quadrato (1). S'intende che queste condizioni dovevano

(1) E. KIESOW, *Über Verteilung und Empfindlichkeit der Tastpunkte*. Philos. Studien XIX, p. 272, 1902. — Quanto all'estensione della regione, essa varia, secondo le determinazioni fatte dal prof. Kiesow su sei persone dell' età da 18 a 42 anni, da 8,5 a 34 centimetri quadrati (*Op. cit.*, p. 269). In me questa parte appare ancora più piccola di 8,5 centimetri quadrati.

essere sufficienti per lo scopo che mi ero prefisso di raggiungere. Quantunque vi siano regioni cutanee in cui la densità degli organi in questione è ancora minore (1), ho preferito questa parte della pelle, e ciò non soltanto per ragioni di comodità, ma soprattutto perchè essa è, come fu già detto, priva di peli che avrebbero potuto disturbare le osservazioni.

Dopo aver acquistato un sufficiente grado di esercizio nella parte tecnica dell'indagine, cioè nel cercare i punti cutanei sotto i quali si trovano gli organi di Meissner, e nelle rispettive misurazioni, determinavo, nei giorni in cui sperimentavo, alcuni punti di grande ed eguale sensibilità che, per mezzo di una sottilissima penna, venivano fissati con tinta di anilina. Per consiglio del prof. Kiesow ho sperimentato unicamente su me stesso, e ciò, perchè riesce difficile sperimentare, in casi simili, con eguale esattezza e sicurezza, su altri soggetti. Aggiungo che non ho mai guardato le determinazioni delle singole serie, vale a dire, non conoscevo i valori numerici risultanti da esperienze precedenti. Li notavo in un quaderno in modo da non essere costretto a vederli, quando iniziavo una nuova determinazione. Siccome il mio lavoro si divide in due parti, delle quali potei terminare l'una nel luglio 1920 e l'altra nel luglio 1921, le calcolazioni definitive vennero fatte dopo aver terminato tutte le serie appartenenti ad ognuna di queste parti. Mi sento in dovere di rilevare questo particolare, per assicurare il lettore che, malgrado sperimentassi su me stesso, la indagine venne condotta secondo le regole che, in ricerche simili, sono in uso nella pratica della nostra disciplina. Ho poi sempre sperimentato coll'aiuto di una lente da orologiaio della distanza focale di circa 8 centimetri.

Siccome è noto che gli organi tattili subiscono una diminuzione della loro sensibilità, quando vengono eccitati molte volte di seguito — fatto per il quale possono svilupparsi delle cause di errore — ho sperimentato su varî punti tattili, avendo cura però di eccitare *ogni singolo punto*, tanto con lo stimolo normale, quanto con quello di confronto, tre volte di seguito ad intervalli di circa un minuto secondo, e tenendo per esatta quella differenza dello stimolo variabile, per la quale ottenevo la stessa percezione su tutti i punti tattili usati. Aggiungo che tra l'eccitamento di uno stimolo e quello dell'altro trascorrevano circa tre minuti secondi.

Tre minuti

(1) F. KIESOW, *op. cit.*, p. 273 e segg.

Quanto alla natura degli stimoli da me adoperati, mi sono valso dei peli eccitatori secondo M. von Frey (1), misurati in valori di tensione, espressi in grammi pro millimetri di raggio (gr/mm), vale a dire: il peso rappresentato dal maximun della forza di flessione di un tale pelo, stabilito sulla bilancia chimica, diviso per il raggio medio della sezione trasversale del pelo. Quest'ultimo valore si può facilmente determinare coll'aiuto del microscopio (2). Come peli, usai per gli stimoli meno intensi e cioè sino a 3 gr/mm., capelli di cinese, per i quali è caratteristica una sezione trasversale di forma circolare, o quasi circolare, e per gli stimoli più forti, crini di cavallo, le cui sezioni sono ovali.

L' apparecchio adoperato nelle esperienze del 1920 è uno degli estesiometri del prof. Kiesow, appositamente costrutto per l' applicazione del metodo di M. von Frey. Esso consiste di una morsetta, con rivestimento di sughero e chiusura a vite, provvista di manico di ebanite. L'intera lunghezza dell'apparecchio è di circa 10 centimetri. L'utilità di questo semplice strumento risulta senz'altro per chi è pratico dei metodi di misura insegnati da M. von Frey. Introducendo un pelo nella morsetta, si può, a volontà, cambiare il suo valore di pressione, aumentando o diminuendo la sua lunghezza. Lavoravo con due di tali strumenti, dei quali uno serviva per lo stimolo normale e l'altro per quello di confronto, il cosidetto stimolo variabile.

Quanto al metodo psicofisico che sta a base delle mie ricerche, esso è quello delle variazioni minime. È noto che questo metodo è, in casi come il presente, assai sicuro e anche quello che conduce relativamente presto a risultati facilmente controllabili. Devo però aggiungere che, nelle ricerche del 1920, ho potuto applicare questo metodo soltanto nella sua forma più semplice, vale a dire: ho potuto determinare solo la soglia di differenza superiore ed anche questa soltanto in un senso, perchè non fui in grado di determinare una media dei due valori (r'_0 e r''_0) (3) di soglia superiore. La ragione di ciò sta nel fatto che non riuscivo ad ottenere coll'apparecchio, di

(1) M. von Frey, *Untersuchungen über die Sinnesfunctionen der menschl. Haut* Memorie dell'Accad. di Lipsia (mathem. phys. Classe) XXIII, 3, p. 208, 1896.

(2) Quanto alla tecnica per queste misurazioni, ho adoperato quella introdotta dal prof. Kiesow. Si tagli, per mezzo del rasoio, da un pezzo di midoll. di sambuco un sottile disco nel quale si introduca un piccolo tratto di pelo. Posto un tale disco sopra un vetro porta-oggetto, e questo sul condensatore del microscopio, le rispettive misurazioni riescono senza difficoltà.

(3 W. Wundt, *Grundzüge der physiol. Psychologie*, I⁶, p. 589 e seg. 1908.

cui ho parlato, variazioni della lunghezza del pelo, nel senso dell'allungamento, sufficientemente piccole e costanti. Perciò mi sono accontentato in questa prima parte del mio lavoro di raccorciare il pelo dello stimolo variabile a gradazioni minime per mezzo di un piccolo paio di forbici assai taglienti, come fecero già i professori von Frey e Kiesow nelle loro ricerche. Per questa ragione considero i risultati così ottenuti piuttosto come preliminari.

Gli stimoli per i quali venne stabilita la soglia di differenza variarono da 1 a 8 gr/mm. Al di qua di 1 gr/mm non mi è stato possibile di determinarla, perchè i rispettivi stimoli sono troppo deboli, ed al di là di 8 gr/mm si associa alla sensazione tattile una sensazione di dolore, anzi lo stimolo di 8 gr/mm suscita già in me, per quanto non sempre, una sensazione tattile accompagnata da un leggero grado di dolore. Essa è in questi casi, secondo un termine introdotto dal prof. Kiesow, di tono doloroso, “ schmerzbetont „. Gli stimoli normali da me adoperati hanno le seguenti costanti:

gr/mm	peso	raggio medio
1	0,050 gr.	0,050 mm.
2	0,090 „	0,045 „
3	0,135 „	0,045 „
4	0,440 „	0,110 „
5	0,550 „	0,110 „
6	0,570 „	0,095 „
7	0,840 „	0,120 „
8	0,960 „	0,120 „

Per ognuno di questi otto stimoli normali ho fatto cinque singole determinazioni, dalle quali venne calcolata la media aritmetica, con la rispettiva variazione media. Questa media aritmetica sta a base di tutte le altre calcolazioni. Quanto alle singole determinazioni, faccio osservare che ho sempre notato il momento in cui la differenza tra le due sensazioni era appena percettibile per tutti i punti usati nella determinazione.

Nella tabella che segue ho radunato i valori definitivi ai quali sono giunto. In essa r significa lo stimolo normale, r'_0 la media aritmetica dello stimolo di confronto calcolata da cinque singole determinazioni, Vm variazione media, Δr_0 soglia di differenza (superiore) assoluta e

$\frac{\Delta r_0}{r}$ soglia di differenza (superiore) relativa (1). Noto inoltre che per la calcolazione dei valori esposti in questa tabella, mi sono servito soltanto dei pesi e ciò per la ragione che il raggio medio dei peli adoperati rimaneva costante tanto nello stimolo normale, quanto in quello di confronto, in tutte le cinque determinazioni di ogni serie. Dato questo si comprende che il risultato finale sarebbe stato il medesimo, se avessi posto a base delle varie calcolazioni, il rapporto come tale (2). Rilevo ancora che i valori dell'ultima colonna vennero ridotti a frazioni unitarie con tre decimali nel denominatore.

r	r'_0	Vm	Δr_0	$\frac{\Delta r_0}{r}$	$\frac{\Delta r_0}{r}$
1) 0,050 gr.	0,0605 gr.	0,0008 gr.	0,0105 gr.	0,21	$\frac{1}{4,762}$
2) 0,090 „	0,10354 „	0,0004 „	0,01354 „	0,15044	$\frac{1}{6,647}$
3) 0,135 „	0,15724 „	0,00045 „	0,02224 „	0,16474	$\frac{1}{6,070}$
4) 0,440 „	0,5018 „	0,00132 „	0,0618 „	0,14045	$\frac{1}{7,120}$
5) 0,550 „	0,6262 „	0,00072 „	0,0762 „	0,13855	$\frac{1}{7,218}$
6) 0,570 „	0,65282 „	0,00062 „	0,08282 „	0,1453	$\frac{1}{6,882}$
7) 0,840 „	0,9832 „	0,00104 „	0,1432 „	0,17048	$\frac{1}{5,866}$
8) 0,960 „	1,147 „	0,002 „	0,187 „	0,19479	$\frac{1}{5,134}$

(1) Cfr. W. WUNDT, op. cit., p. 589.

(2) Ciò risulta anche dalle seguenti considerazioni: Sia p il peso di r, p' quello di r'_0 e r_m il raggio medio per i due valori, allora si ha: $r = \frac{p}{r_m}$, $r'_0 = \frac{p'}{r_m}$.

Ora, in $\frac{\Delta r_0}{r} = \frac{r'_0 - r}{r}$ per sostituzione si ha: $\frac{\Delta r_0}{r} = \frac{\frac{p'}{r_m} - \frac{p}{r_m}}{\frac{p}{r_m}} = \frac{p' - p}{p}$. Quindi $\frac{p' - p}{p} = \frac{r'_0 - r}{r}$.

Quando, a serie finite, feci i calcoli, provai davvero un piacere nel vedere venir fuori uno per uno i risultati esposti in questa tabella. Ero sicuro di aver sperimentato ed osservato con tutta la coscienziosità di cui mi sento capace e potevo quindi sperare in risultati non privi di valore, ma non m' aspettavo, nelle condizioni descritte, risultati di tale costanza. Credo che sia la prima volta che l'attendibilità della legge di Weber venga dimostrata in tal modo per l' eccitamento di un singolo organo periferico. Mentre la soglia di differenza assoluta (Δr_0) cresce continuamente, quella relativa ($\frac{\Delta r_0}{r}$) rimane, ad eccezione delle note deviazioni superiore ed inferiore, presso a poco costante. È vero che il valore per lo stimolo normale di 3 gr/mm cade un po' fuori ed era la mia intenzione di ripetere l'intera serie, ma dovendo partire per le grandi vacanze, mi è stato possibile rifare per questo stimolo soltanto due osservazioni di cui espongo i valori medii ottenuti qui sotto :

$$3 \text{ gr/mm} = \frac{0{,}150 \text{ gr.}}{0{,}050 \text{ mm.}}$$

r	r'_0	Vm	Δr_0	$\frac{\Delta r_0}{r}$	$\frac{\Delta r_0}{r}$
0,150 gr.	0,1718 gr.	0,0006 gr.	0,0218 gr.	0,14533 gr.	$\frac{1}{6{,}881}$

Se è permesso di sostituire il $\frac{\Delta r_0}{r}$ di questa tabella al valore corrispondente della tabella precedente, si ha, abolendo le decimali, per gli stimoli da 2 a 6 gr/mm un $\frac{\Delta r_0}{r}$ costante di $\frac{1}{7}$ circa, mentre i rispettivi valori per 1, 7 e 8 gr/mm sono $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ ed $\frac{1}{5}$. È significativo che la deviazione del $\frac{\Delta r_0}{r}$ per 8 gr/mm è maggiore di quella per 7 gr/mm e questo vuol dire che la sensibilità di differenza relativa diminuisce coll'aumento dello stimolo ; in altre parole : la soglia di differenza relativa non è più costante. Fu già rilevato che la sensazione suscitata da 8 gr/mm è talvolta accompagnata da una leggera sensazione dolorosa. Si noti l'aumento della variazione media per lo stimolo di 8 gr/mm.

Nel congedarmi dal prof. Kiesow, prima di andare in vacanza, espressi a lui il desiderio di continuare queste ricerche in un altro

anno scolastico, e possibilmente con strumenti di maggiore precisione che mi permettessero di applicare ai miei studî il metodo delle variazioni minime nella sua forma completa. Tornato in laboratorio, ebbi la gradita sorpresa di trovare pronti tali apparecchi che egli intanto aveva fatto fabbricare dal meccanico Luigi Corino di Torino. La figura sottostante illustra un siffatto apparecchio.
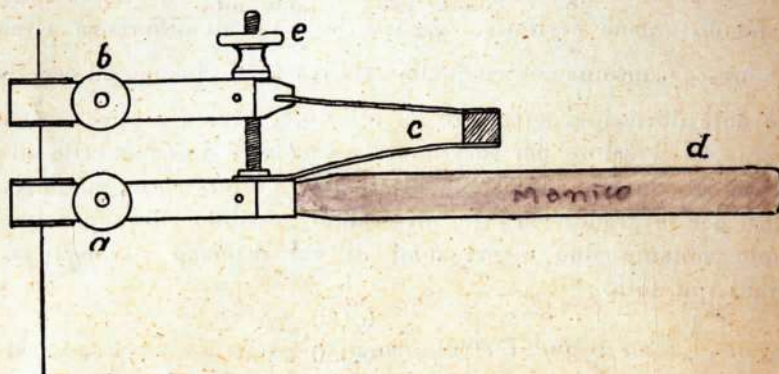
Fig. 1.

Lo strumento consiste di due morsette (*a* e *b*), come quelle descritte più sopra, di cui una è posta sopra l'altra. Esse sono unite tra di loro per mezzo della molla *c*. L'inferiore di queste morsette porta il manico *d*. Per mezzo della vite *e* si può avvicinare la morsetta superiore alla inferiore o allontanarla da questa in modo che il pelo introdotto nell'apparecchio (e che rimane sempre fisso nella morsetta *b*) subisca delle variazioni veramente minime della sua lunghezza. Per ottenere un tale effetto basta aprire lievemente la morsetta *a*. S'intende però che durante le determinazioni le due morsette debbono rimanere chiuse. Il disegno dell'apparecchio è della sua grandezza naturale. Non occorre ricordare che lavoravo con due di tali strumenti.

Questi apparecchi funzionano davvero ottimamente. Potendo con essi stabilire tanto la soglia superiore quanto quella inferiore, ho applicato a questi studi il metodo delle variazioni minime nella forma completa, e strettamente secondo le indicazioni date da Wundt (1).

(1) W. WUNDT, *op. cit.* p. 589 e segg. Quanto alla discussione sorta attorno a questo metodo, cfr. : G. E. MÜLLER, *Zur Grundlegung der Psychophysik*, 1878 ; TH. FECHNER, *Revision der Haufptpunkte der Psychophysik*, p. 119, 1882 ; W. WUNDT, *Uber die Methode der Minimaländerungen*, Philos. Stud. I, p. 556, 1883.

Anche queste determinazioni vennero fatte per gli stimoli normali da 1 a 8 gr/mm. Le costanti dei peli usati (capelli di cinesi: 1-3 gr/mm, crini di cavallo: 4-8 gr/mm) sono le seguenti:

gr/mm	peso	raggio medio
1	0,030 gr.	0,030 mm.
2	0,090 „	0,045 „
	0,080 „	0,040 „
3	0,120 „	0,040 „
4	0,440 „	0,110 „
5	0,550 „	0,110 „
6	0,660 „	0,110 „
7	0,770 „	0,110 „
8	0,880 „	0,110 „

Per ognuno di questi stimoli vennero eseguite, tranne che per lo stimolo di 1 gr/mm, quattro serie di esperienze complete. Per 1 gr/mm non ho potuto stabilire la soglia di differenza inferiore, perchè, essendo questo stimolo per la mia pelle già assai debole, rimasi troppo incerto quanto ai rispettivi valori da notare. Aggiungo che ho fatto le osservazioni da 2 a 8 gr/mm in due giri, vale a dire: incominciai con due serie complete per lo stimolo di 2 gr/mm e proseguii in tal maniera fino allo stimolo di 8 gr/mm, poi rifeci lo stesso giro nel medesimo modo. Alla fine di queste osservazioni eseguii le serie per lo stimolo di 1 gr/mm. Riservai questo stimolo per ultimo, perchè le osservazioni rispetto ad esso sono, per la causa sopra detta, per me, le più difficili. Per evitare i cosidetti errori di spazio e di tempo, venne volta per volta cambiata la direzione delle stimolazioni.

I risultati ottenuti si trovano esposti nella tabella a pag. 36 e 37. Non essendo il numero delle esperienze molto grande, mi sento in dovere di indicare in essa tutti i valori delle singole determinazioni. Ho fatto le calcolazioni per questa serie di ricerche in base ai grammi pro millimetro di raggio, servendomi del manuale logaritmico di Bruhns. In questa tabella sono dati i valori delle tre soglie assolute di differenza (Δr_0 = superiore, Δr_u = inferiore, Δr = media) e delle corrispondenti soglie relative ($\frac{\Delta r_0}{r}$, $\frac{\Delta r_u}{r}$, $\frac{\Delta r}{r}$). Le singole serie sono contraddistinte con numeri romani, secondo l'ordine in cui vennero

Valore dello stimolo	Serie	Δr_o	Δr_u	Δr	$\frac{\Delta r_o}{r}$	$\frac{\Delta r_u}{r}$	$\frac{\Delta r}{r}$	$\frac{\Delta r}{r}$
1 gr./mm.	I	0,1800	—	0,1800	0,1800	—	0,1800	
	II	0,1767	—	0,1767	0,1767	—	0,1767	
	III	0,2033	—	0,2033	0,2033	—	0,2033	$\frac{1}{5,4}$
	IV	0,1817	—	0,1817	0,1817	—	0,1817	
	M.	0,1854	—	0,1854	0,1854	—	0,1854	
	Vm.	0,009	—	0,009	0,009	—	0,009	
2 gr./mm.	I	0,3333	0,3089	0,3211	0,1667	0,1545	0,1606	
	II	0,3422	0,2889	0,3156	0,1711	0,1445	0,1578	
	III	0,2975	0,3000	0,2988	0,1488	0,1500	0,1494	$\frac{1}{6,5}$
	IV	0,2925	0,2825	0,2875	0,1463	0,1413	0,1438	
	M.	0,3164	0,2951	0,3058	0,1582	0,1476	0,1529	
	Vm.	0,02	0,009	0,013	0,010	0,005	0,006	
3 gr./mm.	I	0,4625	0,4125	0,4375	0,1542	0,1375	0,1458	
	II	0,4187	0,4300	0,4244	0,1396	0,1433	0,1415	
	III	0,4125	0,4500	0,4313	0,1375	0,1500	0,1438	$\frac{1}{7,1}$
	IV	0,4125	0,3875	0,4000	0,1375	0,1292	0,1333	
	M.	0,4266	0,4200	0,4233	0,1422	0,1400	0,1411	
	Vm.	0,018	0,018	0,012	0,006	0,006	0,004	
4 gr./mm.	I	0,5773	0,5636	0,5705	0,1443	0,1409	0,1426	
	II	0,5614	0,5645	0,5630	0,1404	0,1411	0,1408	
	III	0,5873	0,5864	0,5868	0,1468	0,1466	0,1467	$\frac{1}{7,0}$
	IV	0,5545	0,5636	0,5591	0,1386	0,1409	0,1398	
	M.	0,5701	0,5695	0,5698	0,1425	0,1424	0,1425	
	Vm.	0,012	0,008	0,011	0,003	0,002	0,002	

5 gr./mm.	I	0,6726	0,6909	0,6818	0,1345	0,1382	0,1364	
	II	0,6773	0,6932	0,6853	0,1355	0,1386	0,1371	
	III	0,6718	0,6409	0,6564	0,1344	0,1282	0,1313	$\frac{1}{7,4}$
	IV	0,6864	0,6886	0,6875	0,1373	0,1377	0,1375	
	M.	0,6770	0,6784	0,6778	0,1354	0,1357	0,1356	
	Vm.	0,005	0,021	0,011	0,001	0,004	0,002	
6 gr./mm.	I	0,8455	0,8895	0,8675	0,1409	0,1483	0,1446	
	II	0,8682	0,8727	0,8704	0,1447	0,1453	0,1450	
	III	0,8636	0,8477	0,8557	0,1439	0,1413	0,1426	$\frac{1}{6,9}$
	IV	0,8568	0,8773	0,8671	0,1428	0,1462	0,1445	
	M.	0,8585	0,8718	0,8652	0,1431	0,1453	0,1442	
	Vm.	0,008	0,01	0,005	0,001	0,002	0,001	
7 gr./mm.	I	1,0364	1,0409	1,0386	0,1481	0,1487	0,1484	
	II	1,0500	1,0273	1,0386	0,1500	0,1469	0,1484	
	III	1,0364	1,0136	1,0250	0,1481	0,1448	0,1464	$\frac{1}{6,7}$
	IV	1,0682	1,0455	1,0568	0,1526	0,1493	0,1510	
	M.	1,0478	1,0318	1,0398	0,1497	0,1474	0,1486	
	Vm.	0,011	0,011	0,009	0,002	0,002	0,001	
8 gr./mm.	I	1,3182	1,0773	1,1977	0,1648	0,1347	0,1497	
	II	1,3409	1,2045	1,2727	0,1676	0,1506	0,1591	
	III	1,2682	1,1545	1,2114	0,1585	0,1443	0,1514	$\frac{1}{6,5}$
	IV	1,3182	1,2227	1,2705	0,1648	0,1528	0,1588	
	M.	1,3114	1,1648	1,2381	0,1639	0,1456	0,1548	
	Vm.	0,022	0,049	0,034	0,003	0,006	0,004	

eseguite ; M significa la media aritmetica, Vm la variazione media. Tutti i valori vennero ridotti a quattro decimali, ad eccezione delle variazioni medie, per le quali si presero in considerazione soltanto tre decimali. L'ultima colonna contiene i valori dei $\frac{\Delta r}{r}$ ridotti a frazioni unitarie, considerando nel denominatore una sola decimale.

Riducendo i $\frac{\Delta r_0}{r}$ e $\frac{\Delta r_u}{r}$ di questa tabella a frazioni unitarie e accontentandoci di una decimale risultano i seguenti valori.

gr/mm	$\frac{\Delta r_0}{r}$	$\frac{\Delta r_u}{r}$
1	$\frac{1}{5,4}$	—
2	$\frac{1}{6,3}$	$\frac{1}{6,8}$
3	$\frac{1}{7,0}$	$\frac{1}{7,1}$
4	$\frac{1}{7,0}$	$\frac{1}{7,0}$
5	$\frac{1}{7,4}$	$\frac{1}{7,4}$
6	$\frac{1}{7,0}$	$\frac{1}{6,9}$
7	$\frac{1}{6,7}$	$\frac{1}{6,8}$
8	$\frac{1}{6,1}$	$\frac{1}{6,9}$

Da un confronto dei valori esposti in queste tabelle con quelli comunicati nella tabella a pagina 32 risulta (sostituendo in questa ultima al $\frac{\Delta r}{r}$ per 3 gr/mm 1/7) senz'altro, come il metodo completo delle variazioni minime dia risultati più precisi che non quello più semplice. Ma si osserva pure che l' andamento generale dei valori ottenuti rimane nei due casi, presso a poco, il medesimo.

Questo risulta anche dalla figura 2. Sulle ascisse *a, b, c,* di questa figura sono portati a distanza di 1, 5 centimetri, i valori degli stimoli normali. Le curve (ad ognuna delle quali corrisponde l' ascissa di

egual disegno) rappresentano rispettivamente l' andamento dei $\frac{\Delta r}{r}$ ottenuti col metodo completo (linea piena), dei $\frac{\Delta r_0}{r}$ ricavati dalle esperienze dell'anno 1921 (linea tratteggiata) e dei $\frac{\Delta r_0}{r}$ trovati in quelle dell'anno 1920 (linea punteggiata). Nelle ordinate ad ogni millimetro corrisponde un centesimo, riducendo i valori delle singole soglie relative alla seconda cifra decimale.

Con ciò trova conferma, quanto scrisse a suo tempo il compianto professore Külpe, cioè che in casi in cui si tratti di un rapido orientamento riguardo alla dipendenza della soglia di differenza dalla grandezza degli stimoli, la determinazione della soglia superiore sarebbe sufficiente (1).
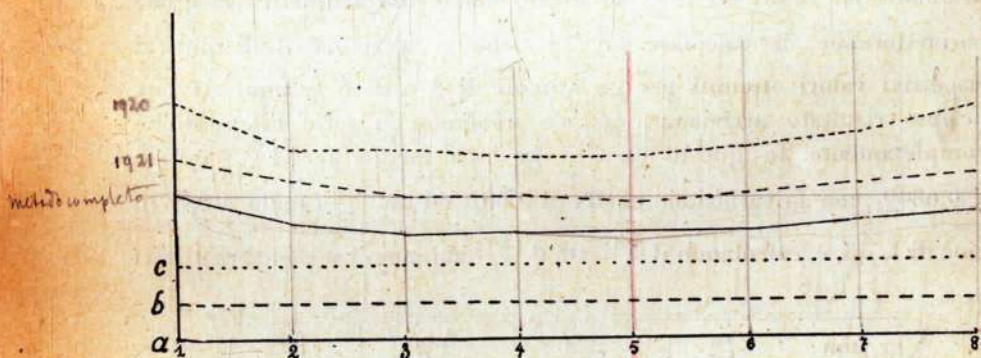
Fig. 2.

Se volessimo abolire anche nella tabella a pagg. 36 e 37 la decimale dei valori radunati nell' ultima colonna, risulterebbe per lo stimolo di 1 gr/mm un $\frac{\Delta r}{r}$ eguale ad un quinto, mentre per tutti gli altri stimoli esso sarebbe uguale ad un settimo. Ma tenendone conto (ciò che io ritengo si debba fare, trattandosi del metodo psicofisico completo), si osserva una deviazione dalle medie del tratto medio per gli stimoli di 1,2,7 e 8 gr/mm, vale a dire, per i due stimoli più deboli e più forti. Questa deviazione è leggerissima per lo stimolo di 7 gr/mm, leggera pure, ma un po' più sensibile, per quelli di 2 e 8 gr/mm, abbastanza pronunciata per 1 gr/mm. I $\frac{\Delta r}{r}$ per gli stimoli

(1) O. Külpe, *Grundriss der Psychologie,* p. 61, 1893.

del tratto medio (3-6 gr/mm) considero, senza esitazione, costanti, perchè le piccole variazioni che si osservano in questi valori sono certamente dovute a circostanze incontrollabili. Io penso a tale riguardo specialmente al $\frac{\Delta\ r}{r}$ ottenuto per lo stimolo di 5 gr/mm, che è di $\frac{1}{7,4}$. Questo valore cade un po' fuori dalla serie degli altri valori. Ma se si pensa che basta una causa qualunque (causa che sfugge all'osservazione: lieve cambiamento di temperatura della pelle, leggera stanchezza mentale, ecc.), per produrre piccole variazioni, la lieve deviazione si spiega. Essa è certamente dovuta alla terza serie delle determinazioni fatte per questo stimolo. Si può facilmente convincersi che basterebbe in questa serie un leggero aumento della seconda decimale del valore di $\Delta\ r$, per avere una media aritmetica la quale permetterebbe di calcolare un $\frac{\Delta\ r}{r}$ che si avvicinasse di più ai rispettivi valori ottenuti per gli stimoli di 4 e di 6 gr/mm. Al medesimo risultato arriviamo, quando aboliamo la serie in questione completamente. In questo caso si ha una media per il $\Delta\ r$ eguale a 0,6849, con la variazione media di 0,002, ed un $\frac{\Delta\ r}{r}$ eguale a 0,1370 cioè di 1/7,3, e, calcolando il $\frac{\Delta\ r_0}{r}$ ed il $\frac{\Delta\ r_u}{r}$ abbiamo i seguenti risultati:

gr/mm	$\frac{\Delta\ r_0}{r}$	$\frac{\Delta\ r_0}{r}$	$\frac{\Delta\ r_u}{r}$	$\frac{\Delta\ r_u}{r}$
5	0,1358	$\frac{1}{7,4}$	0,1382	$\frac{1}{7,2}$

Un ulteriore avvicinamento ai valori da 3 a 6 gr/mm si sarebbe avuto coll' aumento della terza decimale del $\Delta\ r$ della prima serie. Bastano tali considerazioni per convincersi che si tratta qui di un fatto casuale, come lo si incontra in tutte le determinazioni di questo genere. La lieve deviazione sparirebbe certamente con un maggiore numero di osservazioni, perchè è impossibile che la curva dei valori esposti (vedi fig. 2) faccia in un solo punto una tale deviazione. Si tenga inoltre conto del rispettivo valore preliminare, comunicato a pagina 32 che è di $\frac{1}{7,2}$. Siccome non ho cancellato nessun' altra determinazione, non ho voluto cancellare neanche quella della serie

in questione. Fu rilevato che le calcolazioni vennero fatte a serie finite. La media dei $\frac{\Delta r}{r}$ per gli stimoli da 3 a 6 gr/mm è eguale a 0,1409, con la variazione media di 0,003, cioè di 1/7,1. Arrotondando questo valore, la costante del tratto medio sarebbe quindi di un settimo.

Si potrebbe discutere se, data la lieve deviazione del $\frac{\Delta r}{r}$ per lo stimolo di 7 gr/mm $(\frac{1}{6,7})$, esso non sarebbe da considerare come appartenente alla costante del tratto medio. Ma facendo ciò e tenendo conto nel medesimo tempo dei $\frac{\Delta r_0}{r}$ e dei $\frac{\Delta r_u}{r}$ esposti separatamente a pagina 38, si dovrebbe chiedere la stessa cosa, a mio avviso, anche per lo stimolo di 2 gr/mm. Non è escluso, anzi è probabile, che vi siano a questo riguardo delle differenze individuali, vale a dire che il tratto dei valori veramente costanti sia in altre persone più esteso, ma dati i risultati esposti, credo che ci troviamo più vicini alla verità se consideriamo i valori di soglia per i due stimoli suddetti, nel caso presente, come aventi una lieve tendenza ad una deviazione dalla costante $\frac{1}{7}$, deviazione che aumenterebbe poi con ogni ulteriore aumento o diminuzione dello stimolo. La differenza che si osserva tra i valori di soglia superiore ed inferiore per lo stimolo di 8 gr/mm (pag. 38) è senza dubbio dovuta al fatto, più volte rilevato, che la sensazione tattile è a questo punto talvolta accompagnata da una leggera sensazione di dolore. Anche riguardo a questo fatto però possono esistere delle differenze individuali.

Quanto alle differenze tra i valori di soglia superiore ed inferiore viste da altri ricercatori (Stratton e Kobylecki) (1), non risulta dai miei studi, quale di questi valori sia, per regola, maggiore o minore dell'altro. Una tale differenza si nota in modo abbastanza chiaro soltanto per lo stimolo di 2 e di 8 gr/mm, ma negli altri casi i due valori o sono eguali, o quasi eguali, oppure la differenza è così piccola che non è possibile indicare con precisione, in quale senso essa avvenga. Dalle ricerche dei sunnominati autori invece risulta, in modo indiscutibile, una sensibilità di differenza minore nei casi in cui il valore di pressione diminuisce. Ora, per comprendere questa diversità, si

(1) G. M. Stratton, *Philos. Studien XII*, p. 525, 1896. — St. Kobylecki, *Psychol. Studien* I, p. 219, 1906. Cfr. pure: *W. Wundt, op. cit.* p. 676.

deve pensare che tanto Stratton quanto Kobylecki sperimentarono con stimoli assai più forti, applicati a regioni delle dita e che le loro ricerche avevano un altro scopo.

Esse vennero, per conseguenza, anche condotte in modo del tutto diverso. Non escludo che un fatto analogo si sarebbe verificato se avessi continuato le ricerche con stimoli più intensi; in questo caso però non avrei più esaminato la sensibilità tattile pura e semplice, ma una sensibilità per stimoli che, oltre a sensazioni tattili, provocano anche sensazioni dolorose, ciò che era fuori del mio compito nella presente indagine. Quanto ai valori risultanti da questo studio, ritengo che essi ci informano, in linea generale, sufficientemente sulla sensibilità tattile di differenza, rispetto agli organi di Meissner che si trovano nella regione esaminata. Aggiungo che, date le differenze veramente piccole, incontrate tra i valori di soglia superiore ed inferiore, non ho esitato a far uso della media aritmetica, anzichè di quella geometrica.

Per concludere: *La legge di Weber si verifica in modo assai preciso nell'eccitamento successivo di singoli organi tattili. La soglia di differenza è, per gli organi della regione del polso priva di peli, in me, eguale ad un settimo.*

Prima di deporre la penna, sento il bisogno ed il dovere di esprimere all' egregio Professore Kiesow anche qui pubblicamente devoto ringraziamento di discepolo.

Postscriptum all'articolo precedente.

La ricerca precedente sta in relazione con le indagini eseguite, con grande cura, da G. M. Stratton (1) e da St. Kobylecki (2), quantunque forse, a prima vista, ciò non risalti. Lavorando, con stimoli forti, su superficie ricche di organi tattili, e avendo per iscopo di studiare la percettibilità di cambiamenti di pressione (3), questi autori stabilirono i valori per quattro soglie diverse, mentre, nella precedente ricerca, l' autore, sperimentando su punti tattili isolati della pelle e quindi con stimoli deboli, determina in fondo una sola soglia, applicando alle sue osservazioni il metodo classico delle variazioni minime, introdotto da Fechner e perfezionato da G. E. Müller e da W. Wundt. Eppure la suddetta relazione esiste, anzi, sono convinto che le ricerche di A. Gatti, di cui il precedente studio rappresenta una prima parte, getteranno luce su alcuni fatti, rimasti, secondo me, alquanto incerti nei lavori degli egregi autori sopra nominati.

Come superficie cutanea Stratton (4) scelse il polpastrello del mignolo, mentre Kobylecki sperimentava sul lato dorsale della prima falange del dito indice (5). La superficie dello stimolo premente era nelle due ricerche di forma circolare (del diametro di 4 mm. nello studio di Stratton (6), di 6 mm. in quello di Kobylecki). (7)

Quanto all' intensità degli stimoli, Stratton si limitò a pesi che variarono da 10 a 200 gr., mentre Kobylecki lavorò con pesi varianti da 25 a 1000 gr. L' eccitamento era, come nella ricerca precedente, anche nelle indagini dei sunnominati autori, successivo, ma con questa differenza : mentre Gatti eccitava i singoli organi, lasciando tra i due stimoli un dato intervallo di tempo, nelle ricerche di Stratton e di Kobylecki lo stimolo posava, in conformità del loro scopo, sulla superficie in esame e veniva poi gradatamente aumentato o diminuito fino ai momenti in cui il soggetto accusava o la percezione di un

(1) George Mancolm Stratton, *Über die Wahrnehmung von Druckänderungen*, ecc., Philos. Studien, XII, p. 525, 1896.

2) Stanislaus Kobylecki, *Über die Wahrnehmbarkeit plötzlicher Druckänderungen*, Psychol. Studien, I, p. 219, 1906.

(3 I due autori sperimentavano con un apparecchio detto da loro " bilancia di pressione „ strumento inventato da Stratton, ma perfezionato, su proposta di Wundt, da Kobylecki.

(4) *Op. cit.*, p. 533.

(5) *Op. cit.*, p. 231.

(6) *Op. cit.*, p. 532.

(7) *Op. cit.*, p. 232.

cambiamento come tale o la direzione in cui l'eccitamento avveniva. Per ciò i quattro valori di soglia sopra accennati.

Quanto ai risultati ottenuti da Stratton, tolgo dalla sua tabella riassuntiva i seguenti valori che raduno in una tabella speciale. In essa Δr significa la soglia assoluta e $\frac{\Delta r}{r}$ quella relativa (1). Questi valori rappresentano le medie aritmetiche, ricavate da esperienze eseguite su quattro soggetti, dei quali ognuno reagiva ad ogni eccitamento cinque volte (2). I valori si riferiscono al conoscimento della direzione, nel caso in cui lo stimolo venne aumentato. La riduzione dei $\frac{\Delta r}{r}$ a frazioni unitarie nell'ultima colonna venne fatta da me stesso.

Stimolo norm.	Δr	$\frac{\Delta r}{r}$	$\frac{\Delta r}{r}$
10 gr.	1,01	0,101	$\frac{1}{9,9}$
25 „	1,33	0,053	$\frac{1}{18,9}$
50 „	2,11	0,042	$\frac{1}{23,8}$
75 „	2,76	0,037	$\frac{1}{27,0}$
100 „	3,53	0,035	$\frac{1}{28,6}$
150 „	5,03	0,034	$\frac{1}{29,4}$
200 „	6,40	0,032	$\frac{1}{31,3}$

Rispetto a questi valori (e agli altri) da lui ottenuti, Stratton conclude: « Il rapporto tra le soglie di differenza e gli stimoli normali è, conformemente alle esigenze della legge di Weber, approssimativamente costante per gli stimoli normali da 75 a 200 gr., mentre questo rapporto aumenta di continuo con la diminuzione del peso da

(1) *Op. cit.*, p. 538.
(2) *Op. cit.*, p. 534.

50 a 10 gr. „ (1). E questo è, in linea generale, vero. Ma d' altra parte ci accorgiamo nei risultati comunicati di un altro fatto di cui bisogna, secondo me, pure tener conto. Quella costanza approssimativa non si manifesta in modo che i singoli valori oscillino irregolarmente attorno ad una media aritmetica (che sarebbe 0,0345), ma vi è un preciso ordine in questo tratto della serie, in quanto che i quattro singoli valori diminuiscono continuamente, cosicchè, quanto l'autore dice del tratto da 10 a 50 gr., vale in fondo anche per quello in questione (da 75 a 200 gr.) In altre parole: vi è una diminuzione continua nei $\frac{\Delta r}{r}$ da 10 fino a 200 gr. Ciò che giustifica la conclusione dell' autore è il fatto che le differenze tra un valore e l' altro sono diverse nei due tratti. Mentre queste differenze sono piuttosto grandi ed irregolari nel primo tratto, esse sono piccole e abbastanza regolari nel secondo. Ma se si tiene conto del fatto rilevato, si deve ammettere che la legge psicofisica di Weber non trova nei risultati dell'autore una espressione così chiara, come si desidererebbe. Si associa ai risultati un fattore che la offusca. Fa inoltre una impressione strana di vedere, come questa legge non si verifichi nell'applicazione di stimoli da 10 a 75 gr., ma soltanto in quella di stimoli più intensi.

Suppongo che siano state considerazioni di questo genere che hanno indotto Wundt a proporre al sig. Kobylecki una ripresa di quest'indagine. Ho indicato le condizioni sotto le quali quest' autore sperimentava, e ripeto che l' apparecchio adoperato era assai perfezionato, ma per ciò che concerne i risultati ottenuti, essi sorprendono, come quelli di Stratton, e forse maggiormente. In base ai suoi risultati l' autore arriva alla seguente conclusione: “ Per ogni soggetto esistono uno o più tratti in cui si può ammettere in modo approssimativo la validità della legge di Weber „ (2). Aggiunge però che “ le soglie di cambiamento relative diminuiscono coll'aumento degli stimoli normali (3) „. E ciò risulta dalle sue tabelle in conformità dei risultati ottenuti da Stratton. Tolgo dalla tabella I del lavoro di Kobylecki i valori risultanti da esperienze eseguite su uno dei suoi soggetti, il Dott. Tsukahara: (4)

(1) *Op. cit.*, p. 539.
(2) *Op. cit.*, p. 278.
(3) *Ibid.*
(4) *Ibid.* - La riduzione a frazioni unitarie venne fatta da me.

Stimolo norm.	$\frac{\Delta r}{r}$	$\frac{\Delta r}{r}$
25 gr.	0,24	$\frac{1}{4,2}$
50 „	0,12	$\frac{1}{8,3}$
100 „	0,09	$\frac{1}{11,1}$
150 „	0,09	$\frac{1}{11,1}$
200 „	0,05	$\frac{1}{20}$
300 „	0,05	$\frac{1}{20}$
400 „	0,04	$\frac{1}{25}$
500 „	0,05	$\frac{1}{20}$
600 „	0,04	$\frac{1}{25}$
700 „	0,03	$\frac{1}{33,3}$
800 „	0,03	$\frac{1}{33,3}$
1000 „	0,03	$\frac{1}{33,3}$

Riguardo a questi risultati, l'autore scrive: “ A parte gli stimoli normali inferiori a 200 gr., si potrebbero ammettere, per il signor Dottor Tsukahara, due di tali tratti di validità: da 200 a 500 gr. e da 500 a 1000 gr. „ (1). Non si comprende bene, perchè escluda a questo proposito i valori ottenuti per gli stimoli da 100 a 150 gr. che cadono entro il tratto per il quale Stratton ammette la validità della legge di Weber. Comunque sia, si vede anche nei risultati di Kobylecki (come egli stesso rileva), che i valori di soglia diminuiscono

(1) *Ibidem.*

coll'aumento dello stimolo, malgrado che la legge psicofisica si riveli entro certi tratti. Anche qui si trova quindi un fattore che agisce contro la legge in questione, e, ciò che è singolare, agisce contro questa legge in modo da lasciarle validità soltanto nell'applicazione di intensità stimolatrici alle quali le superficie cutanee esaminate sono meno adatte, mentre per stimoli di minore intensità essa non vale. Quale è questo fattore ?

Secondo me, i sunnominati autori non hanno tenuto sufficientemente conto nè della struttura anatomica della regione esaminata, nè della distribuzione degli organi tattili in essa contenuti. Quanto al primo punto, mi viene il dubbio se, dati i gradi di intensità degli stimoli usati, non si tratti nelle loro ricerche di una fusione tra sensazioni delle quali ognuna obbedisca alla legge in questione in modo diverso. È vero che nelle due ricerche era escluso l'eccitamento adeguato di organi termici e sembra pur certo che nell' indagine di Stratton fossero escluse le sensazioni dolorose, ma queste ultime non mi sembrano eliminate nelle ricerche di Kobylecki (1), ed è inoltre certo che da stimoli così forti vengono eccitati i tessuti sottostanti agli organi tattili della pelle. È da notare, ad es., che nel tessuto del polpastrello si trovano corpuscoli di Pacini in notevole quantità.

Quanto al secondo punto sopra accennato, noi sappiamo dai tempi di Meissner che la densità dei corpuscoli da lui scoperti è nel polpastrello delle dita eguale a circa 20 nel millimetro quadrato (2). Dato questo, si comprende che il numero degli organi tattili eccitati nelle esperienze di Stratton doveva essere stato molto grande e che quello indirettamente eccitato doveva aumentare coll' aumento degli stimoli. Lo stesso dicasi delle esperienze di Kobylecki. Nella regione da lui eccitata si trovano peli, il cui numero varia, è vero, da individuo a individuo, ma che funzionano sempre come leve. Questi peli non vennero neppure tagliati nelle esperienze di Kobylecki. In una ricerca da me eseguita sulla distribuzione degli organi tattili nella pelle, ho potuto stabilire per la regione suddetta, in un caso 29 peli per centimetro quadrato e in un altro 50 (3). Della densità di questi organi l'autore non tiene conto.

(1) Cfr. quanto l'autore comunica a pag. 232 del lavoro citato.

(2) G. MEISSNER, *Beiträge zur Anatomie u. Phys. der Haut, 1853. Cit. sec.* M. VON FREY, Memorie di Lipsia (math. - phys. Cl.) XXIII, n. III, p. 255. 1896.

(3) F. KIESOW, Philos. Studien XIX, p. 287. 1902.

Per quanto preziose siano le ricerche degli autori sopra nominati, dati i fatti esposti, non deve sorprendere, mi pare, se la legge di Weber non si verifichi nelle loro indagini in modo preciso e semplice. Non deve neppure sorprendere se i loro risultati non vadano perfettamente d'accordo tra di loro, perchè vennero ottenuti sotto condizioni non uguali. Va ricordato che già E. H. Weber ottenne per varie superficie cutanee rapporti diversi (polpastrello di un dito: 20 a 19,2 e 30 a 29, lato volare dell'avambraccio; 20 a 18,2, fronte: 20 a 18,7 (1). Dato tutto ciò, mi sembrava necessario di conoscere prima di tutto la sensibilità di differenza, per una determinata regione della pelle, nell'eccitamento di un singolo organo tattile, ed è questo il motivo che mi ha indotto a proporre al signor Gatti una tale indagine. Il felice esito che ebbe la precedente ricerca mi lascia sperare che anche altri studî di tal genere condurranno a buoni risultati. Sopra queste ricerche, ora in corso, sarà data comunicazione in altri articoli. Ciò che finora risulta dalle ricerche del Gatti in modo evidente è che i valori della soglia di differenza variano, appena lo stimolo da un campo sensoriale si estenda ad un altro. Risulta inoltre che, quando lo stimolo diventa troppo debole, tali valori, per una maggiore difficoltà di giudizio, non sono più costanti.

F. KIESOW.

(1) E. H. Weber, *Die Lehre vom Tastsinne und Gemeingefühl*, p. 89 - 91. 1851.